



شبیه‌سازی نرم‌افزاری تأثیر صفحات مستغرق بر چاله آب‌شستگی در محل تقاطع کانال‌ها

*محمد گیوه‌چی^۱، غلامرضا عزیزیان^۱ و سیروس حریف^۲

^۱استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان،

^۲دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سازه‌های هیدرولیکی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۲/۱۹

چکیده

سابقه و هدف: پدیده تقاطع کانال‌ها و رودخانه‌ها از جمله مسائلی است که در کانال‌های آبیاری و زهکشی، کانال‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی، تصفیه‌خانه‌های آب و فاضلاب و رودخانه‌های طبیعی رخ می‌دهد. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر صفحات مستغرق نصب‌شده در کانال فرعی بر کنترل و کاهش عمق چاله آب‌شستگی در اتصال ۹۰ درجه کانال‌ها و ارائه بهترین موقعیت و آرایش صفحات مستغرق با استفاده از شبیه‌سازی نرم‌افزاری است.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش از نرم‌افزار شبیه‌سازی جریان Flow-3D به منظور مدل‌سازی حالات مختلف قرارگیری صفحات مستغرق در تلاقی کانال‌های ۹۰ درجه استفاده شده است. برای صحت‌سنجی نتایج از داده‌های آزمایش‌های انجام‌شده در آزمایشگاه گروه مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف استفاده شده است. مدل آزمایشگاهی مذکور از یک کانال اصلی به طول ۱۲ متر و عرض ۴۰ سانتی‌متر و یک کانال فرعی به طول ۳ متر و هم‌عرض با کانال اصلی تشکیل شده است. کانال فرعی در فاصله ۶/۳۵ متری از ابتدای کانال اصلی و با زاویه ۹۰ درجه نسبت به آن نصب شده است. معادلات حاکم در شبیه‌سازی نیز معادلات ناویر استوکس و پیوستگی جریان‌های تراکم‌ناپذیر بودند. جهت مدل کردن آشفتگی نیز از مدل دو معادله‌ای k-w استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که شبیه‌سازی نرم‌افزاری می‌تواند الگوی آب‌شستگی در محل تلاقی را به خوبی برآورد نماید. به طوری که اختلاف حداکثر عمق آب‌شستگی در محل تلاقی بین مدل عددی و آزمایشگاهی ۱/۴ درصد بود. همچنین مدل‌سازی‌هایی با زوایا، ابعاد و فواصل مختلف از صفحات مستغرق جهت تعیین بهترین موقعیت صفحات مستغرق برای کاهش عمق آب‌شستگی در محل تلاقی دو کانال با زاویه ۹۰ درجه انجام گرفت. نتایج این مدل‌سازی‌ها نشان داد که چنانچه زاویه قرارگیری صفحات مستغرق نسبت به راستای جریان کانال فرعی برابر ۶۰ درجه، نسبت طول صفحات به عرض کانال برابر ۰/۲۵، فاصله طولی صفحات از یکدیگر نصف عرض کانال فرعی، فاصله عرضی صفحات از یکدیگر ۰/۳۷۵ عرض کانال فرعی و فاصله نصب صفحات از محل تلاقی دو کانال بین ۰/۲۵ تا ۰/۳۷۵ عرض کانال فرعی باشد؛ صفحات مستغرق به طور مؤثری حداکثر عمق چاله آب‌شستگی ایجادشده در محل اتصال دو کانال با زاویه ۹۰ درجه را کاهش می‌دهند.

* مسئول مکاتبه: m.givehchi@eng.usb.ac.ir

نتیجه‌گیری: نتیجه نهایی حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که چنانچه صفحات مستغرق در موقعیت مناسب و با ابعاد بهینه در کانال فرعی نصب شوند می‌توانند عمق چاله آب‌شستگی در محل تقاطع را کاهش دهند. به طوری که در این پژوهش حداکثر عمق آب‌شستگی با نصب صفحات مستغرق در کانال فرعی ۲۱ درصد نسبت به حالت بدون صفحات کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: تقاطع کانال‌ها، صفحات مستغرق، فرسایش، مدل عددی Flow-3D

مقدمه

در پایین‌دست محل اتصال بر دینامیک جریان در اتصال کانال‌ها پرداختند. نتایج نشان داد که برای تمامی نسبت دبی‌ها یک ناحیه جدایی شکل گرفت. هندسه ناحیه جدایی به نسبت دبی وابسته بود و در راستای قائم تغییر می‌کرد (۱). قبادیان و بصیری (۲۰۱۶) به بررسی عددی اثر شعاع انحنای لبه پایین‌دست محل اتصال بر عمق چاله آب‌شستگی در اتصال دو کانال ۶۰ درجه پرداختند. آنان نتیجه گرفتند که با افزایش نسبت شعاع انحنا به عرض کانال، عمق چاله آب‌شستگی و ارتفاع رسوب‌گذاری کاهش می‌یابد (۲). نظری‌گیگلو و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی اثر پارامترهای بدون بعد عدد فرود، زاویه اتصال و نسبت دبی بر آستانه حرکت رسوبات پرداختند. ایشان بیان کردند که عدد فرود در کانال فرعی و کانال پس از اتصال، نسبت دبی و زاویه تلاقی نقش مهمی در آستانه حرکت رسوبات دارند (۷).

مواد و روش‌ها

Flow-3D که یکی از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی متداول در تحقیقات هیدرولیکی است، در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفته است. به منظور مدل‌سازی و مطالعه عمق آب‌شستگی در محل تقاطع در شبیه‌سازی نرم‌افزاری و صحت‌سنجی نتایج از داده‌های آزمایش‌های نوذری و همکاران (۲۰۱۳) استفاده شده است. مدل آزمایشگاهی مذکور از یک کانال اصلی به طول ۱۲ متر و عرض ۴۰ سانتی‌متر و یک کانال فرعی

صفحات مستغرق و یا پره‌ها، سازه‌های ساده و کم‌هزینه‌ای هستند که توانسته‌اند برای بهبود مسائلی هم‌چون کاهش فرسایش بستر و دور کردن رسوبات از دهانه آبگیر کاربرد موفقیت‌آمیزی داشته باشند (۴). پارامترهای مؤثر در میزان عملکرد پره‌ها، شامل طول پره‌ها، نسبت طول به عرض پره، زاویه برخورد جریان، فاصله پره‌ها در امتداد جریان و عمود بر جریان، استغراق پره و عدد فرود می‌باشند (۳). در پژوهش‌های اخیر مهاجری و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تأثیر طول، تعداد و آرایش صفحات مستغرق بر الگوی جریان و ابعاد ناحیه جدایش در محل تلاقی دو کانال با زاویه تلاقی ۹۰ درجه مبادرت ورزیدند. ایشان بیان کردند که قرارگیری صفحات در کانال فرعی، جریان ثانویه ساعت‌گردی را از محل اولین ردیف صفحات تا محل تلاقی ایجاد می‌کند که منجر به کاهش سرعت‌های طولی در محل تلاقی و ناحیه پایین‌دست آن می‌شود (۴).

محمدیان و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی عددی اثر صفحات مستغرق بر الگوی جریان در اتصال ۹۰ درجه یک کانال مستقیم و یک خم به کمک نرم‌افزار فلونت پرداختند و بیان کردند که به کار بردن صفحات مستغرق سهم قابل‌توجهی در بهبود الگوی جریان و کاهش رسوب دارد (۵).

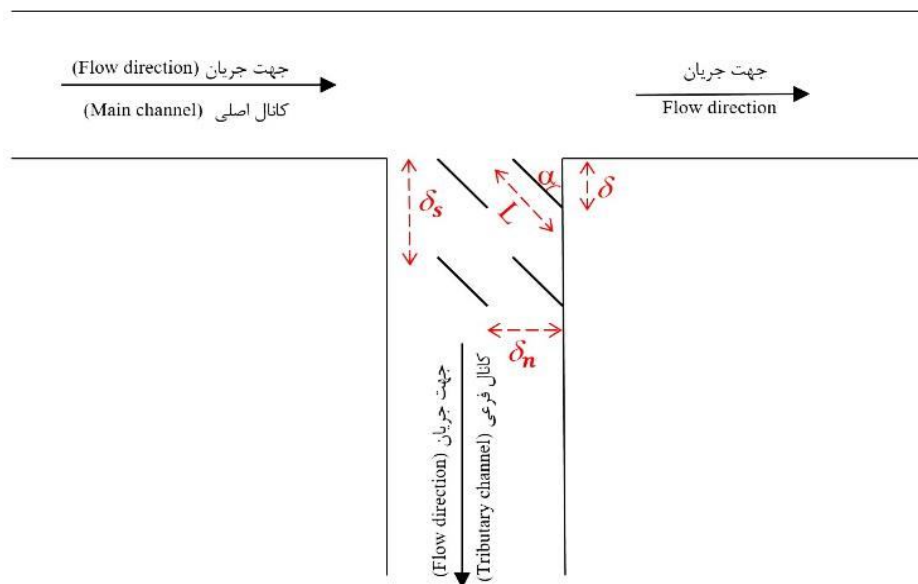
بیزوال و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی آزمایشگاهی اثر نسبت دبی ورودی به کانال اصلی به دبی خروجی

با داده‌های آزمایشگاهی که برابر $13/8$ سانتی‌متر بوده دارای اختلاف $1/4$ درصدی است.

اثر صفحات مستغرق بر روی الگوی آب‌شستگی: نوذری و همکاران (۲۰۱۳) جهت کاهش حداکثر عمق آب‌شستگی در محل اتصال کانال‌های 90° درجه بیان نمودند که آرایش قرارگیری صفحات مستغرق، نشان داده شده در شکل ۱، مناسب‌ترین الگوی قرارگیری صفحات برای کاهش عمق آب‌شستگی است (۶). از این‌رو در این پژوهش با انتخاب این الگوی قرارگیری به بررسی پارامترهای مناسب ابعادی و قرارگیری صفحات مستغرق پرداخته شده است. ارتفاع صفحات (H) و ضخامت صفحات (b) ثابت و برابر 6 و $1/6$ سانتی‌متر در نظر گرفته شده است. همه پارامترها نسبت به عرض کانال فرعی (B) بی‌بعد شده‌اند.

به طول 3 متر و هم‌عرض با کانال اصلی تشکیل شده است (۶).

ابعاد بهینه شبکه $0/8$ سانتی‌متر در محدوده نزدیک تلاقی کانال‌ها و 2 سانتی‌متر در بقیه مدل و بر مبنای دقت لازم و زمان تحلیل انتخاب گردید. پس از تولید شبکه محاسباتی، شرایط مرزی شبیه‌سازی جریان آب و رسوب انجام شد. به همین منظور در ورودی کانال اصلی و فرعی از شرط مرزی دبی جریان مطابق با مدل آزمایشگاهی به‌ترتیب برابر با دبی $4/9$ لیتر بر ثانیه و $9/1$ لیتر بر ثانیه استفاده گردید. در پایین‌دست کانال اصلی، شرط مرزی سطح آب و با مقدار $12/3$ سانتی‌متر مطابق مدل آزمایشگاهی در نظر گرفته شده است. همچنین در این مدل‌سازی از مدل آشفتگی $k-w$ به‌علت نزدیک بودن به ماهیت آشفتگی واقعی استفاده گردیده است. نتایج نشان داد که حداکثر عمق فرسایش مدل عددی برابر با $13/6$ سانتی‌متر است که



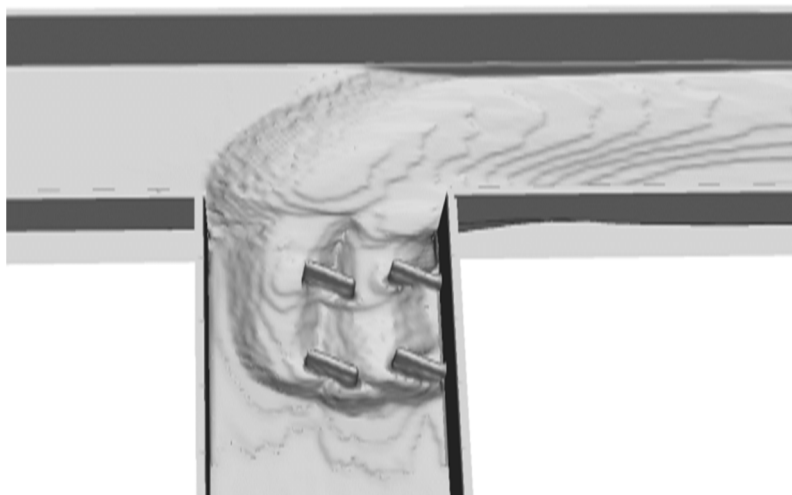
شکل ۱- آرایش آزمایش‌های نوذری و همکاران.

Figure 1. Laboratory patterns - Nozari, S et al.

آرایش‌های ۱۰ تا ۱۳ به بررسی اثر فاصله طولی بین صفحات (δ_s) بر حداکثر عمق آب‌شستگی اختصاص دارد. ملاحظه می‌گردد در آرایش ۱۲ کم‌ترین عمق آب‌شستگی ایجاد شده است. این آرایش به فاصله طولی صفحات برابر با نصف عرض کانال اختصاص دارد. نتایج حاصل از آرایش‌های ۱۴ الی ۱۸ که در آن به بررسی فاصله عرضی بین صفحات (δ_n) پرداخته شده است نشان می‌دهد که آرایش ۱۶ با نسبت فاصله عرضی صفحات به عرض کانال برابر $0/375$ بیش‌ترین کاهش عمق آب‌شستگی را ایجاد می‌کند.

بررسی نتایج حاصل از آرایش‌های انتهایی ۱۹ تا ۲۳ که به بررسی فاصله صفحات از محل اتصال (δ) پرداخته است، بیان می‌دارد که آرایش‌های ۲۰ و ۲۲ دارای کم‌ترین عمق حداکثر آب‌شستگی هستند. در نتیجه فاصله مناسب از محل تلاقی برای صفحات بین $0/25$ تا $0/375$ عرض کانال توصیه می‌گردد. شکل ۲، بهترین حالت ابعادی و قرارگیری صفحات مستغرق (آرایش ۲۲) را نشان می‌دهد.

آرایش‌های شماره ۱ تا ۵ (جدول ۱) به‌منظور تعیین زاویه مناسب صفحات با راستای جریان کانال فرعی (α) انتخاب و توسط نرم‌افزار Flow-3D شبیه‌سازی شدند. دو ستون انتهایی در جدول ۱، مقدار حداکثر عمق آب‌شستگی و نیز درصد کاهش حداکثر عمق آب‌شستگی در هر آرایش را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن است که در زاویه 60° درجه کم‌ترین عمق آب‌شستگی نسبت به حالت بدون صفحه ایجاد شده است. در نتیجه درصد راندمان کارایی صفحات در این زاویه بیش‌تر است و این زاویه به‌عنوان زاویه بهینه انتخاب شده و در دیگر آرایش‌ها از آن استفاده می‌گردد. آرایش‌های شماره ۶ تا ۹ در جدول ۱ به بررسی طول صفحات (L) با ثابت در نظر گرفتن بقیه پارامترها اختصاص دارد. با انتخاب چهار نسبت طول مختلف برای صفحات مستغرق و بررسی نتایج، آرایش شماره ۶ که در آن نسبت طول صفحه به عرض کانال $0/25$ است، به‌عنوان بهترین حالت انتخاب شده است.



شکل ۲- توزیع آب‌شستگی - آرایش ۲۲.

Figure 2. Distribution of scouring - The twenty-second pattern.

جدول ۱- نتایج مدل‌سازی‌های صفحات مستغرق.

Table 1. Results of modeling of submerged vanes.

درصد کاهش Percent reduction (%)	حداکثر عمق آب‌شستگی Maximum scour depth d_s (cm)	نسبت فاصله صفحات از محل اتصال به عرض کانال The ratio of the submerged vanes from the connection to the channel width δ/B	نسبت فاصله طولی صفحات به عرض کانال The ratio of the Longitudinal spacing of submerged vanes to the channel width δ_s/B	نسبت فاصله عرضی صفحات به عرض کانال The ratio of the crossing distance of the submerged vanes to channel width δ_n/B	نسبت طول صفحات به عرض کانال The ratio of the length of the submerged vanes to the channel width L/B	زاویه The angle α	آرایش pattern
5	11.9	0.375	0.5	0.375	0.375	15	1
16	10.56	0.375	0.5	0.375	0.375	30	2
17	10.4	0.375	0.5	0.375	0.375	45	3
20	10.0	0.375	0.5	0.375	0.375	60	4
15	10.6	0.375	0.5	0.375	0.375	75	5
21	9.9	0.375	0.5	0.375	0.25	60	6
20	10.0	0.375	0.5	0.375	0.375	60	7
-9	13.6	0.375	0.5	0.375	0.5	60	8
-2	12.8	0.375	0.5	0.375	0.625	60	9
18.4	10.2	0.375	0.25	0.375	0.25	60	10
19.2	10.1	0.375	0.375	0.375	0.25	60	11
21.0	9.9	0.375	0.5	0.375	0.25	60	12
12.8	10.9	0.375	0.625	0.375	0.25	60	13
-0.02	12.8	0.375	0.5	0.125	0.25	60	14
9.6	11.3	0.375	0.5	0.25	0.25	60	15
21.0	9.9	0.375	0.5	0.375	0.25	60	16
13.6	10.8	0.375	0.5	0.5	0.25	60	17
15.2	10.6	0.375	0.5	0.625	0.25	60	18
11.2	11.1	0.125	0.5	0.375	0.25	60	19
21.0	9.9	0.25	0.5	0.375	0.25	60	20
20.0	10.0	0.3125	0.5	0.375	0.25	60	21
21.0	9.9	0.375	0.5	0.375	0.25	60	22
9.6	11.3	0.5	0.5	0.375	0.25	60	23
18.4	10.2	0.625	0.5	0.375	0.25	60	24

نتیجه‌گیری

نصب این صفحات فرسایش رخ داده است و میزان فرسایش در کانال فرعی نسبت به حالت بدون صفحه افزایش یافته است.

- مناسب‌ترین زاویه برای نصب صفحات مستغرق در کانال فرعی، ۶۰ درجه (نسبت به محور طولی کانال) است.

- جهت کاهش آب‌شستگی توصیه می‌گردد که نسبت طول صفحات به عرض کانال ۰/۲۵ در نظر گرفته شود و همچنین فاصله طولی صفحات برابر با نصف عرض کانال باشد و نسبت فاصله عرضی صفحات به عرض کانال برابر ۰/۳۷۵ انتخاب گردد.

- فاصله مناسب از محل تلاقی برای صفحات بین ۰/۲۵ تا ۰/۳۷۵ عرض کانال است.

چنانچه صفحات مستغرق در موقعیت مناسب و با ابعاد بهینه در کانال فرعی نصب شوند می‌توانند عمق چاله آب‌شستگی در محل تقاطع را کاهش دهند. به طوری که در این پژوهش حداکثر عمق آب‌شستگی با نصب صفحات مستغرق در کانال فرعی ۲۱ درصد نسبت به حالت بدون صفحات کاهش یافت. همچنین:

- با نصب صفحات مستغرق در کانال فرعی، محل حداکثر عمق فرسایش از گوشه پایین دست اتصال به سمت گوشه بالادست و دیواره مقابل اتصال حرکت می‌کند.

- در تمامی آرایش‌ها، به علت اغتشاش حاصل از صفحات نصب‌شده در کانال فرعی، در محدوده

منابع

1. Biswal, S.K., Mohapatra, P., and Muralidhar, K. 2016. Hydraulics of combining flow in a right-angled compound open channel junction. *Sadhana*. 41: 1. 97-110.
2. Ghobadian, R., and Basiri, M. 2016. The effect of downstream curved edge on local scouring at 60 degree open channel junction using SSIIM1 model. *Ain Shams Engin. J.* 7: 2. 543-552.
3. Lauchlan, C.S. 1999. Countermeasures for pier scour. Ph.D. Thesis. The Univ. of Auckland. Auckland. New Zealand. 378p.
4. Mohajeri, M., Aminnejad, B., and Babakhani, A. 2015. The effect of size, layout and number of vanes effects on separation zone and turbulence parameters in connection to 90 channels. Fourteenth National Iranian Hydraulic Conference. University of Sistan and Baluchestan. Zahedan. 8p. (In Persian)
5. Mohammadiun, S., Neyshabouri, S.S., Naser, G., and Vahabi, H. 2016. Numerical Investigation of Submerged Vane Effects on Flow Pattern in a 90° Junction of Straight and Bend Open Channels. *Iran. J. Sci. Technol. Trans. Civil Engin.* 40: 4. 349-365.
6. Nozari, S., Fazeli, S., and Jamali, Mr.M. 2013. Experimental studies of vanes mounted on the tributary channel to reduce erosion at the channel confluences. 12th Iranian Hydraulic Conference. Karaj, Department of Irrigation and Reclamation Engineering Tehran University. Iranian Hydraulic Association. 9p. (In Persian)
7. Nazari-Giglou, A., Jabbari-Sahebari, A., Shakibaenia, A., and Borghei, S.M. 2016. An experimental study of sediment transport in channel confluences. *Inter. J. Sed. Res.* 31: 1. 87-96.

**Short Technical Report****Software simulation of submerged vane effects
on scour depth at channel confluence*****M. Givehchi¹, Gh.R. Azizyan¹ and S. Harif²**¹Assistant Prof., Dept. of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan, ²M.Sc. Graduate
of Hydraulic Structures, Dept. of Civil Engineering, University of Sistan and Baluchestan

Received: 08.07.2017; Accepted: 05.09.2018

Abstract

Background and Objectives: The channels and rivers confluence phenomenon is the issue which occurs in the irrigation and drainage channels, superficial water accumulative channels, water and waste water refinery and rivers. The aim of this research is to investigate the effect of several installed submerged vanes in tributary channel on controlling and decreasing the erosion at 90 degrees confluence of channels, detecting the best situation and vanes orders by using the simulation software.

Materials and Methods: In this research, Flow-3D flow simulation software was used to model the various states of submerged vanes at 90-degree channels confluence. In order to verify the results, the data from the experiments carried out in the laboratory of the civil engineering department of Sharif University of Technology have been used. The experimental model consists of a main channel with a length of 12 meters and a width of 40 cm and a tributary channel of 3 meters in length, the width of the tributary channel is equal to the main channel. The tributary channel is located 6.35 meters from the beginning of the main channel and is connected to the main channel at a 90-degree angle. The using equations were Navier-Stokes and continuity equations for modeling incompressible flows. For modeling turbulence, the k-w equation model was used.

Results: The results of this study showed that software simulation can accurately estimate the scour pattern. So the difference between the maximum depth of scour of numerical and laboratory models in confluence was 1.4%. Also few modeling were done with angles, dimensions and different locations of vanes to calculate the best conditions of vanes to decrease the depth of scour in channels confluence. The results showed that it is possible to decrease the scour hole dimensions, considering that submerged vanes were installed in the 60 degree (in respect to longitudinal axis of channel), the ratio of the length of the submerged vanes to the channel width was equal to 0.25, the longitudinal spacing of the submerged vanes was half the width of the channel, the spacing of the submerged vanes from each other was 0.375 of the channel width and the distance between the installation of the submerged vanes from the intersection of 0.25 to 0.375 was the width of the channel; submerged vanes effectively reduce the maximum depth of scour hole at the junction of two channels with a 90 degree angle.

Conclusion: The final result of this study shows that if submerged vanes are installed in an appropriate position with optimal dimension in the tributary channel, they can reduce the maximum depth of the scour hole at channel confluences. In this study, the maximum scour depth was reduced by 21% submerged vanes compared to the non submerged vanes.

Keywords: Channel confluence, Erosion, FLOW-3D, Submerged vanes

* Corresponding Author; Email: m.givehchi@eng.usb.ac.ir

Arc